

中国城市能源转型和碳排放达峰： 现状与展望

2017年中国城市绿色低碳发展指数(LOGIC)报告

执行摘要

绿色创新发展中心

美国劳伦斯伯克利国家实验室中国能源研究室

能源基金会(中国)



执行摘要

一、中国城市绿色低碳进展

中国正处于前所未有的巨大城市化浪潮当中——城市人口从1980年的1.9亿人，增长至2015年的7.7亿人——预计于2030年将有70%左右的中国人口居住在城市，相当于世界人口的11.32%^{1 2}。在实现7亿多人³脱贫，制造业、商业与城市发展等多个领域的世界领先，缔造过去三十多年的工业化和城市化奇迹的同时，也产生了巨大的环境影响。中国政府正在加大空气污染、水土流失、能源消耗与二氧化碳排放等环境生态问题的治理力度，采取一系列措施应对发展中的挑战。

中国发展模式正处于转折点，城市化和消费升级将激发更多的基础设施需求，消耗更多土地、能源与自然资源，产生更多的废物、污染与排放。城市发展的政策选择将会塑造中国城市未来长期的发展格局，对经济、环境、民生产生深远影响。放眼全球，城市是资源消耗和温室气体排放的主要源头，也首当其冲受到洪水、热浪、水资源短缺等气候变化影响的冲击。城市也是行动中心，能效提升、能源转型、环境保护、韧性共享等各项措施在城市中展开，全球城市间正加强信息分享和经验交流，共同推动更加可持续的城市发展。

中国政府积极正视经济发展产生的一系列环境问题，采取强有力的行动措施，加快城市绿色低碳转型，推进生态文明建设。“十一五”期间，住房和城乡建设部启动低碳生态试点城（镇）建设，推动城市可持续发展。“十二五”期间，国家发展和改革委员会先后启动两批国家低碳省市试点，2017年初颁布了第三批低碳试点名单⁴，旨在落实国家控制温室气体排放行动目标，探索各具特点的低碳城市建设和城市温室气体提前达峰的模式。2014年中共中央国务院公布《国家新型城镇化规划（2014-2020）》要求加快转变城镇化发展方式，推动形成绿色低碳的生产生活方式和城市建设运营模式。2015年，21个中国城市成为“中国达峰先锋城市联盟”（简称：APPC）城市，承诺将早于国家2030年左右碳排放达峰目标实现达峰。对于日益恶化的城市空气质量，国务院于2013年颁布《大气污染防治行动计划》。各地方政府陆续出台大气污染防治计划，并实时发布环境空气质量信息和霾污染信息。此外，城市也出台建筑、工业、交通、废弃物管理等重点行业和领域的节能减排政策。

二、中国城市绿色低碳发展指数（LOGIC）

中国城市绿色低碳发展指数（LOGIC）旨在对城市绿色低碳转型的努力和效果、进展和前景进行全面和均衡的跟踪、测量、分析、报告。该指数由绿色创新发展中心（iGDP）、美国劳伦斯伯克利国家实

¹ 国务院. 中国人口发展规划(2010-2030) 国发【2016】87号. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-01/25/content_5163309.htm

² 国家统计局网站. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>

³ 国务院. 《中国的减贫行动与人权进步》白皮书. http://news.xinhuanet.com/politics/2016-10/17/c_1119730413.htm

⁴ 国家发展改革委网站. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201701/t20170124_836394.html

实验室 (LBNL) 中国能源研究室和能源基金会 (EFC) 联合开发, 英文名称China Low-carbon and Green Index for Cities, 缩写LOGIC。LOGIC突破常用宏观单一指标反映城市绿色低碳发展状况的现实, 旨在开发一个系统的分析工具, 全面跟进、比较、评价2010年到2015年中国城市绿色低碳发展的总体状况及各重点领域的发展进程; 指数力图做到宏观视角和行业分析结合, 定性和定量结合, 绝对量和对标分析结合; 指数在借鉴国际经验的基础上, 根植于对中国政策背景的深入理解, 城市选取、分类和指标的筛选、标杆值选取充分反映了现实国情; 数据基本来自公开来源和调研。

LOGIC是一个指标评价体系, 也是一个基于公开信息的城市绿色低碳表现数据库。更重要的是, LOGIC为城市提供了一个低碳发展对标工具, 通过剖析典型指数变化的影响因素, 不仅总结中国城市绿色低碳化过程的整体趋势、经验和挑战, 也可以帮助特定城市衡量政策行动差距, 探索绿色低碳转型的重点领域和路径。

LOGIC构建于诸多已有研究的基础上, 包括中国社会科学院区域经济发展进程分组方法、iGDP中国城市低碳政策与数据库、LBNL城市低碳发展政策选择 (BEST Cities) 和城市生态低碳指标评估方法 (ELITE Cities)。LOGIC兼顾科学严谨性和实用性, 综合考虑数据可获得性、数据质量、指标选取、权重赋值等因素。指标体系构建的过程中进行了多轮数据检查、分析与测试, 与领域内专家充分交流研讨, 不断修正研究方法。

LOGIC涵盖碳生产力、能源消费、工业、建筑、交通、环境、政策和社会认知7大领域的23个指标, 其中19个综合和行业量化指标反映城市低碳发展的主要表征, 4个政策性指标反映城市低碳发展的主要努力。LOGIC分析范围包括115个城市, 以城市规模和国家低碳试点为选择标准, 涵盖城区人口规模排名前100位和划入第一、二批国家低碳试点范围内的地级及地级以上城市。城市分类依据影响绿色低碳发展的主要驱动因素, 包括人口、区位、城市化率、发展阶段, 以及产业结构、能源结构、效率水平、体制机制等。研究将样本城市按照经济发展程度分为经济领先型城市 (P类)、经济快速发展型城市 (I类)、经济追赶型城市 (T类); 还按照人口规模分为超大型、特大型、大型和中小型四类城市; 按照地理区域分为东部、西部、中部和东北部四类城市; 按照是否为国家低碳试点城市分为两类。通过比较不同类型的评分结果和排名, 了解城市绿色低碳发展的分类特征, 为国家出台分类指导政策提供参考, 并为不同类型城市寻找符合自身特点的最佳实践样本。

LOGIC旨在对样本城市的绿色低碳发展进行横向比较和纵向比较。城市具体指标的评分方法采用对标值比较法, 即选取国内外最佳水平作为标杆值, 指标分值等于指标原始数据及对应的标杆值的系数关系乘以该指标的满分值。中国绿色低碳发展指数满分为100分, 其中, 7个领域的分项指数满分和23个具体指标的满分值按照各自权重确定。打分结果可以帮助样本城市进行纵向比较, 衡量自身努力的成效; 排名结果可以帮助样本城市进行横向比较, 判断其城市绿色低碳状况在国内所处位置以及优劣势, 以引导下一步政策行动重点。LOGIC体系设计原则和指标体系见图1和图2。

LOGIC体系设计原则

考虑城市禀赋	<ul style="list-style-type: none"> 城市综合分类方法
跟进现状表现	<ul style="list-style-type: none"> 19个综合和行业量化指标
评价努力程度	<ul style="list-style-type: none"> 4个政策行动指标
比较实践差距	<ul style="list-style-type: none"> 指标值基于最佳实践对标

绿色低碳状况影响因素

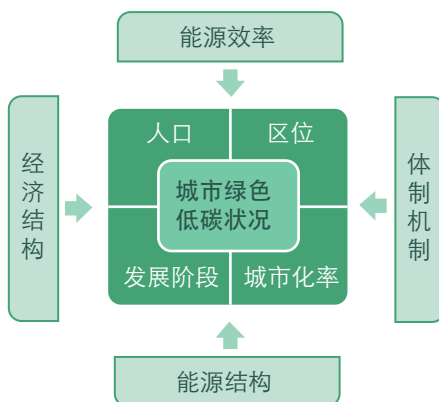


图1：城市绿色低碳状况影响因素及China LOGIC体系设计原则

城市绿色低碳发展指标体系

能源： <ul style="list-style-type: none"> 年人均二氧化碳排放量 年人均能源消费量 非化石能源占一次能源消费总量的比重 	碳生产力综合指标： <ul style="list-style-type: none"> 单位GDP能耗 单位二氧化碳排放
工业： <ul style="list-style-type: none"> 单位工业增加值能耗 重工业增加值占工业增加值比重 	
交通： <ul style="list-style-type: none"> 万人公共汽车拥有量 城市轨道交通线网密度 年人均居民公交出行强度 	政策体系和公众参与： <ul style="list-style-type: none"> 城市低碳发展/应对气候变化规划 城市新能源和可再生能源战略规划 实施气候变化脆弱性评价，编制适应气候变化规划 推动低碳消费和生活方式的公众倡议行动
建筑： <ul style="list-style-type: none"> 绿色建筑占新建建筑比重 人均居住建筑能耗 第三产业从业人员人均公共建筑能耗 	
环境： <ul style="list-style-type: none"> 人均生活垃圾清运量 全年环境空气质量优良率 细颗粒物（PM2.5）年均浓度 人日均生活用水量 节能环保支出占当地财政支出比例 人均绿地面积 	

图2：指标体系构成及其反映的政策行动领域

三、主要发现

1. 中国城市绿色低碳状况总体提高

2010 – 2015期间，中国城市LOGIC指数平均得分增加2.5分，增加了6.6个百分点⁵。总体而言，不同类型的城市（按照经济发展类型、规模、区域和政策环境分类）的LOGIC指数平均得分都有所增长——城市变化比率从-11.4%到25.6%。特别是中国超大城市、经济领先型城市、国家低碳试点城市表现尤为突出（见图3）。而且，在LOGIC指标体系的7大类别中，6个类别平均得分增加，增长幅度从1%（能源）到30%（碳生产力），19个指标中有11个指标的平均得分增长，增长幅度从1.7%（重工业增加值占工业增加值的比重）到121%（城市轨道交通线网密度）。2015年环境领域指数得分较之2010年有所下降，主要原因是2013年PM2.5浓度进入空气质量评价体系，导致“全年空气质量优良率”分指标的下降21.1%。

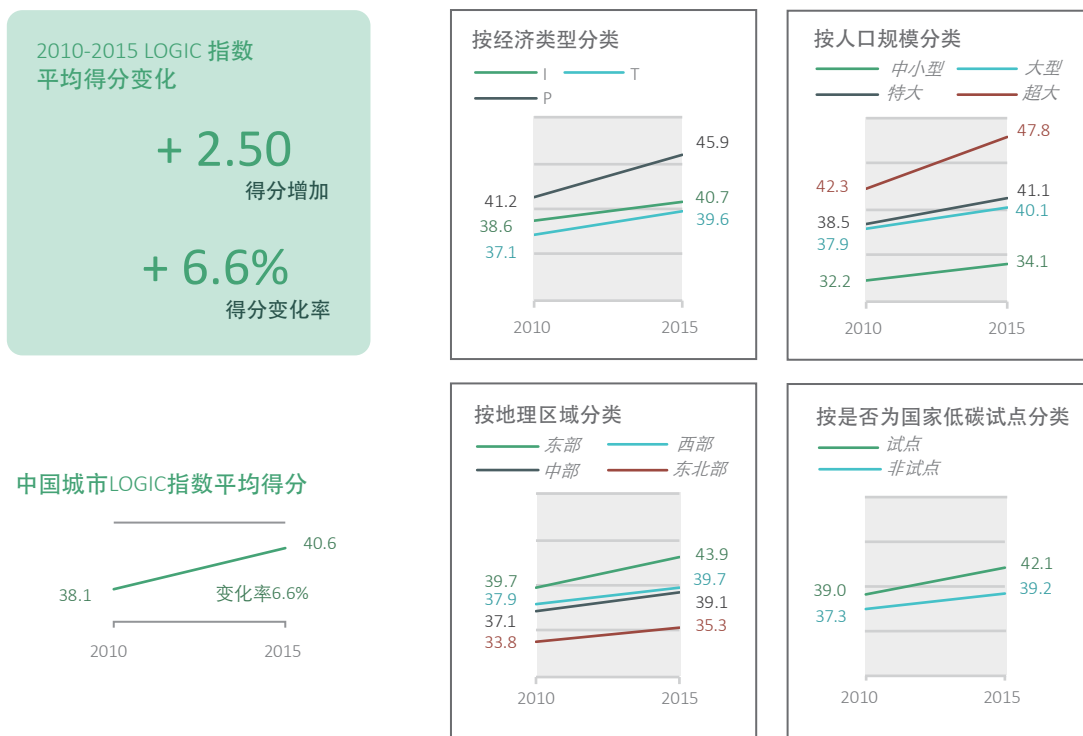


图3：不同城市类型LOGIC指数平均得分变化（2010-2015）

2. 大多数城市实现了经济增长和绿色低碳的双赢

2010 – 2015期间，115个城市的GDP增长显著（累计增长范围从40%到100%以上）。同期内，90多个城市的LOGIC平均得分实现增长——尽管增长幅度差异较大（有些城市变化不大，有些城

⁵ 因政策分项指数是2015年LOGIC新增评估领域，本报告有关2010年和2015年LOGIC指数得分比较的相关内容，都会剔除2015年政策分项指数得分

市增长幅度达到25%)。图4所示,椭圆形标注出的两组城市表现较为显著。位于右侧的一组城市都实现较高的GDP累计增长率(处于第90个百分位数),同时,每个城市LOGIC得分增长率处于5-15%之间。位于正上方的另一组城市LOGIC得分增长率居前,同时,这些城市的GDP累计增长率远高于全国平均水平。这两组城市的表现说明,绿色和低碳目标的实现和经济增长并不矛盾,更可相辅相成。总之,2010-2015期间,中国城市在经济保持中高速增长同时,实现了城市绿色低碳发展总体状况的改善。

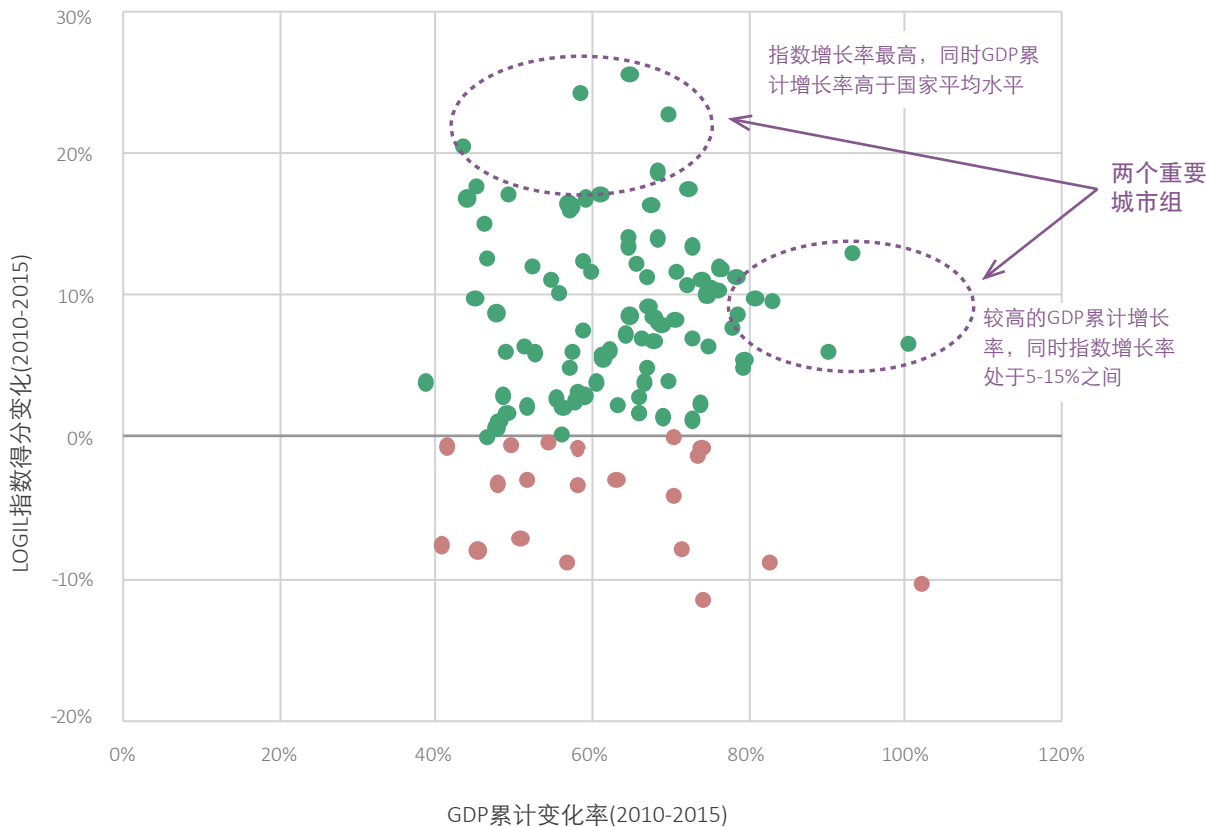


图4: GDP累计增长率与LOGIC指数增长率之间的相关性

3. 中国城市绿色低碳发展潜力巨大

LOGIC得分方法是通过将城市现状和国内外最佳城市进行对标来确定的,各指标的对标值采用具体领域适合中国国情的国内外绿色低碳发展最佳实践,通过对标,可以来衡量城市绿色低碳的持续性进展,找到差距和城市提升重点。分析表明,尽管绝大多数城市“十二五”期间实现绿色低碳和经济增长的双赢,但是这种状态并不十分明显,2015年全部样本城市LOGIC平均得分仅44.9,不到满分100的50%,并且分领域平均表现同最佳水平之间都存在较大差距(见图5),因此未来改善空间巨大,赶超先进城市的路径清晰。

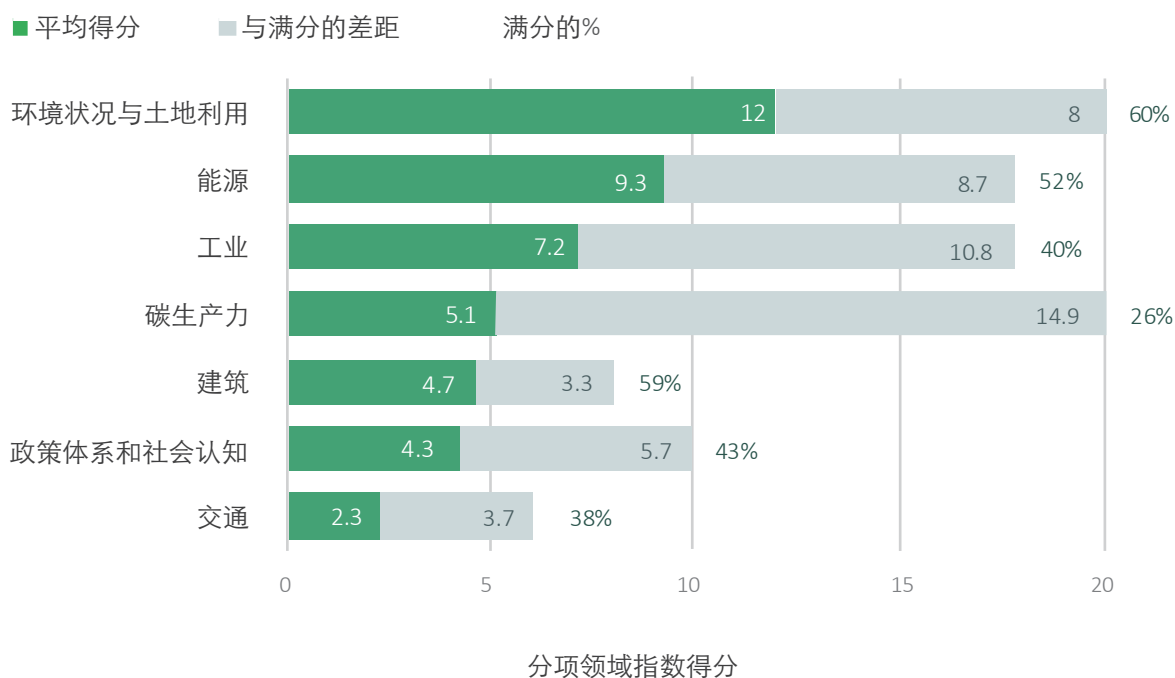


图5: LOGIC分项领域指数平均得分情况

4. 国家低碳试点城市绿色低碳表现和改善程度都好于非试点城市

低碳试点城市LOGIC平均得分为47.0，非试点城市为42.9。2015年表现最佳的前20名城市中，80%是低碳试点城市。2010-2015期间，试点城市LOGIC的平均分数增长率高于非试点城市——无论是LOGIC指数总体得分还是分项领域指数表现上都是如此。国家发改委在“十二五”期间启动了两批“低碳省市试点”项目。本研究覆盖了这两批试点中的54个试点城市⁶。这些城市普遍在“十二五”期间建立了完善的低碳管理体系，摸索出有特色的减排行动。无论是政策努力还是减排表现，都反映了国家地方积极推动低碳试点的切实行动。

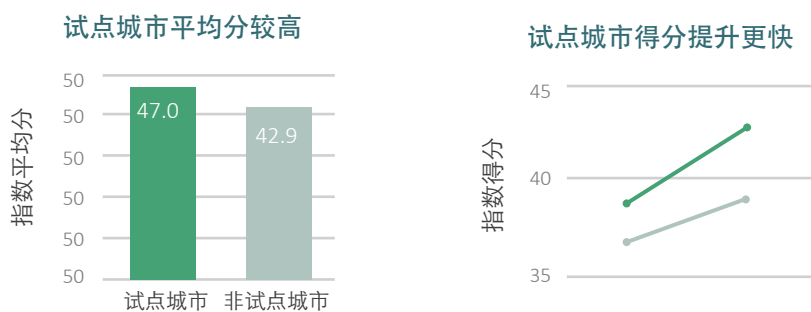


图6: LOGIC指数平均得分及变化情况 (试点城市和非试点城市比较)

⁶ 含位于国家低碳试点省行政区域内的城市

5. 不同类型城市均可实现绿色低碳上佳表现

2015年中国城市LOGIC排名前20名的城市名单中包括处于不同经济发展水平、城市规模、区域和政策背景的各类城市，这些城市在能源、碳生产力和工业领域表现普遍超过其他城市。也就是说，城市实现绿色低碳转型的效果和其发展阶段、城市特点等因素并不直接相关，城市均可在自身基础上探索出实现绿色低碳发展的最佳途径。即使处于类似发展阶段和区位优势，城市LOGIC指数表现差别巨大，每个城市都可以从同类型先进城市借鉴更具体和更有针对性的转型经验。LOGIC指数可以用于促进城市之间经验分享，基于各种具体指标的分析挖掘不同类型城市的发展路径。

表 1：2015年中国城市LOGIC排名前20的城市列表

城市	排名	LOGIC得分	经济类型	人口规模	地理区域	低碳试点
深圳	1	69.7	P类	超大	东部	试点
厦门	2	66.0	P类	大	东部	试点
常德	3	58.5	I类	大	中部	非试点
南宁	4	58.2	I类	大	西部	非试点
海口	5	57.7	T类	大	东部	试点
赣州	6	57.5	I类	大	中部	试点
广州	7	57.5	P类	超大	东部	试点
汕头	8	57.4	T类	大	东部	试点
揭阳	9	56.7	I类	大	东部	试点
桂林	10	56.3	I类	大	西部	试点
湛江	11	55.8	I类	大	东部	试点
北京	12	55.5	P类	超大	东部	试点
杭州	13	55.3	P类	特大	东部	试点
南昌	14	54.8	T类	大	中部	试点
温州	15	54.8	T类	特大	东部	试点
广元	16	54.7	I类	大	西部	试点
江门	17	54.5	I类	大	东部	试点
昆明	18	54.5	T类	大	西部	试点
成都	19	53.7	T类	超大	西部	非试点
扬州	20	53.6	T类	大	东部	非试点

6. 城市绿色低碳状况改善的主要驱动是低碳能源、工业节能和产业结构转型

尽管LOGIC指标体系中能源、工业和碳生产力分项领域被赋予较高权重。但是，它们2010年和2015年指数得分都比较低，这是由于中国经济正在从以投资和出口导向的重化工制造产业格局转向高附加值、高科技产业和服务业为主导的发展模式。根据中国城市2015年LOGIC指数得分排名，将115个样本城市分为三组，排名前20城市、排名后20城市以及居中城市。比较这三组城市2015年LOGIC指数平均得分以及分项领域贡献程度，可以发现能源、工业、碳生产力三个分项领域的影响最大（见图7），这说明城市在“十二五”期间实现绿色低碳改善幅度较大的城市，其主要驱动力来自于低碳能源、工业节能和产业结构调整，未来在这三个方面做得好的城市，也更有可能成为绿色低碳发展的佼佼者。

中国城市大部分还处于工业化中后期阶段，低碳能源、工业节能和经济结构转型是解决能源强度高，利用效率低下的存量问题，属于投入产出效果最好的领域。指数表现有力证明中国摆脱传统发展路径，向现代化、高科技、高附加值的知识和服务经济转型之路最有效，但任务艰巨、富有挑战，仍将是未来一段时间内中国实现绿色低碳目标的关键点。

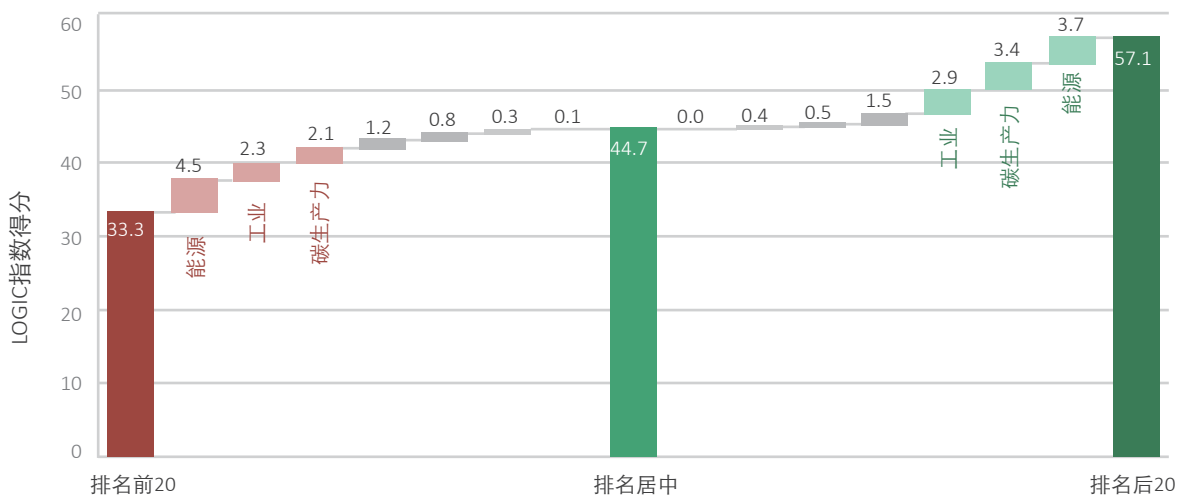


图7：2015年LOGIC排名后20城市、居中城市、排名前20城市的平均指数得分及分项领域贡献程度

四、政策建议

2017年LOGIC报告展现了“十二五”期间中国城市绿色低碳转型的概貌，也可以帮助中国城市参考已有的实践经验和LOGIC的标杆，制定各具特点的绿色低碳政策目标，确定优先发展的领域和可能面临的挑战，实现更有效的低碳发展和能源可持续转型路径，持续推动城市的绿色低碳发展。

1. 差异战略

不同类型城市低碳转型路径各有特色应积极探索适应本地需求的政策、行动和路径。

中国有600余个城市，经济发展模式、人口规模和自然条件都有很大差异。例如，2015年武威人均GDP是22913元（仍然在国家平均水平49351元以下），而深圳人均GDP则为153820元，比武威高近8倍。不同经济类型城市中，LOGIC指数总体表现和分类得分情况的相关性存在差异，这种差异性意味着在不同城市中采取相同的减排行动会取得不同成效。这表明，城市需要根据经济发展阶段确定其优先发展领域。I类城市绿色低碳政策目前应集中于传统产业升级，提高新建工业项目能效标准。人均收入水平较高的T类城市应优先发展脱碳经济，这意味着减少重工业占比，加强对服务业的投资，建立消费、高新技术和信息化引导的经济格局。经济较为发达的P类城市应集中在交通运输和建筑节能领域，推行低碳生活方式，避免陷入高碳城市化道路。

2. 政策先行

国家低碳试点整体表现优于其他城市的结果表明，政府引导和政策先行，可大力推动低碳绿色发展的行动和实施。

政策导向对于城市实现低碳转型目标至关重要。LOGIC指标体系包括了对“政策和社会认知”的衡量。案例分析侧重于分析指数表现背后的政策努力。分析结果显示，政府引导和政策先行，可大力推动低碳绿色发展的行动和实施。当然，政治意愿需要转化为实际政策行动才能发挥实效。国家低碳试点城市指数表现明显好于非试点城市，说明它们的政策努力是卓有成效的。LOGIC指数还无法判断城市决策者对绿色低碳内涵的认知程度和支持程度。这需要进一步科学研究，帮助城市将政治意愿转换为切实有效的行动。

3. 关注增量

交通和建筑等领域成为绿色低碳发展的增量问题和未来挑战。应尽早推进绿色城市规划和基础设施建设，构建绿色生活政策体系。

尽管现有的主要城市低碳绿色发展的主要驱动力是能源、工业和经济结构转型，主要是能源利用的存量问题；随着中国城市进入新的发展阶段，交通和建筑成为新增能源需求的主要来源。城市要避免未来能源消费和温室气体排放压力，需要在建筑和交通等与生活用能方式密切相关的关键领域，采取更早和更有力的政策行动。为此，城市需要及早建立绿色低碳城市中长期规划，制定更加严格的建筑节能设计标准和家电能效标准。城市还需要鼓励和发扬戒奢节俭的传统生活方式，避免能源、资源浪费，这将成为城市能源转型、尽早达到碳排放峰值目标的新重点。

4. 规模拐点

超大城市需要适度控制城市规模，将低碳绿色发展的愿景和模式和城市空间规划紧密结合。

总体而言，LOGIC结果表明城市人口规模与指数总体表现之间不存在明显的相关性。但当人口规模超过1100万时，两者关系确实出现一个显著的拐点（图8）：人口越多的城市，指数表现越差；而在这个拐点之前，城市的人口规模和指数表现存在较弱正相关性，反映了人口和基础设施集中对于资源能源利用效率的总体提升。这一发现与麦肯锡城市中国计划（UCI）发布的《城市可持续发展指数2016》的研究结论一致⁷。超过这一人口规模的城市以“P类”城市为主。这类城市由于人口和城市空间蔓延等因素，交通和建筑碳排放占城市碳排放比例逐渐增加。LOGIC研究表明，超大城市制定长期发展战略规划应充分评估其可行性，需要合理设定城市规模，包括人口和土地开发程度。

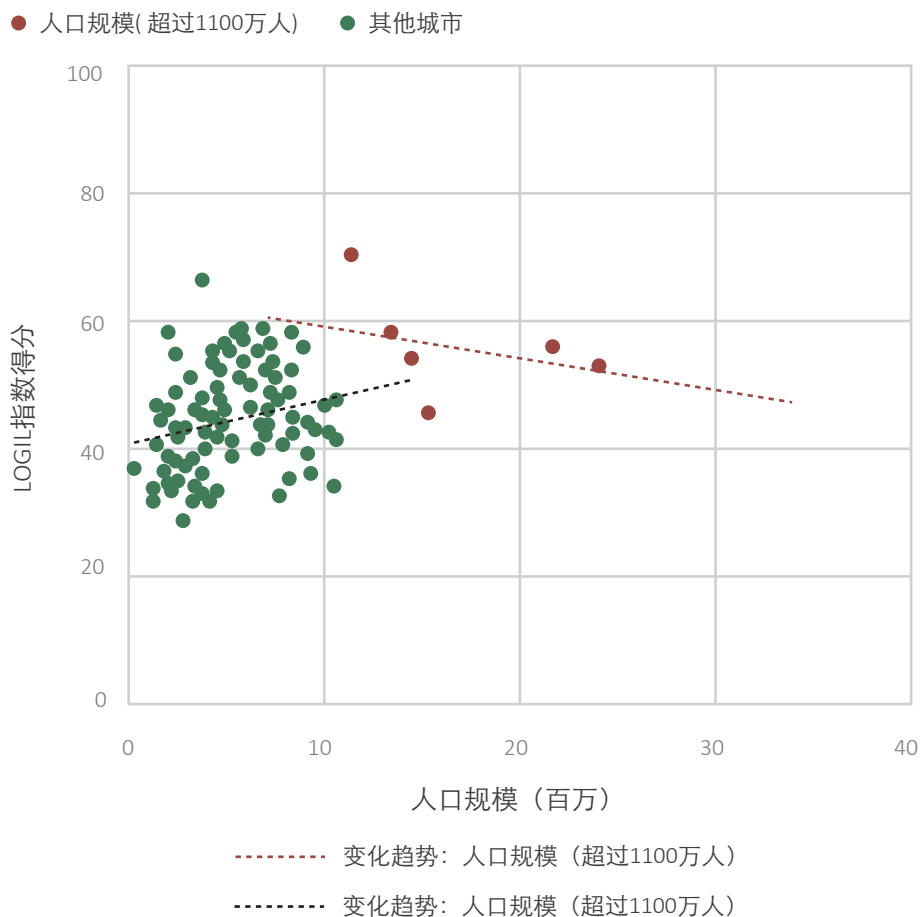


图8: LOGIC指数得分拐点: 在超大城市中, 人口规模越大, LOGIC指数得分越低

⁷ 中国城市计划.城市可持续发展指数2016.<http://www.urbanchinainitiative.org> 2017-04-13/2017-10

5. 量化跟进

利用综合量化的分析方法评估、追踪、考核城市绿色低碳发展的表现是政府推动低碳绿色转型的重要抓手。

LOGIC研究结果显示，大部分已经建立城市碳数据体系的城市，LOGIC表现比其他城市相对较好；管理能力和政策实施效果存在一定关系。因此，建立和采用可测量、报告和评估的体系（MRE体系）来跟进自身绿色低碳行动的进展和表现，发挥政府低碳绿色转型推手的作用，不可或缺。LOGIC指标体系正是为了实现这一目标而建立的第三方工具。城市需要开发一套官方MRE体系，用于评估低碳行动，并作为低碳领域的公众沟通和宣传工具。

6. 科学规划

制定科学综合的绿色低碳发展规划和行动方案，优化决策的成本有效性。

低碳绿色转型是个系统工程，城市有必要进行跨领域综合分析，才能充分了解所有可选行动的减排成本效益，从而选择最优化的行动方案组合。LOGIC的分析方法旨在提供一个可供选择的框架，城市可借鉴此框架，制定绿色低碳发展规划和尽早达峰行动方案，通过成本效益分析识别出减排效果最好，并具有可操作性和实施性的行动和项目，从而确保高质量有成效的规划和行动方案。

案例研究

深圳、温州和赣州三个案例城市处于不同经济发展阶段，2015年LOGIC排名位列20名之内，三城市均为低碳试点城市。研究分析三个城市的指数和指标表现情况：深圳作为经济领先型城市，各项指数得分均高于平均水平，但是同先进水平相比，仍存在一些差距。温州市和赣州市分别作为经济快速发展型城市和经济追赶型城市的代表，指数表现靠前。这主要得益于碳生产力和能源方面的表现，和其产业结构和用能结构有直接关系，但在建筑、交通、工业、环境状况和低碳政策等方面表现仍处于国家平均水平上下，绿色低碳发展不均衡。通过收集、整理这三个城市已采取的绿色低碳行动和政策，我们发现：深圳基本形成较为清晰的绿色低碳转型之路，明确提出了适宜本地区经济条件、产业结构和资源能源利用状况的发展目标、政策保障和行动措施。温州和赣州在保持现有表现的同时，仍有提升潜力；作为国家低碳试点城市，绿色低碳转型理念基本纳入城市经济社会发展规划体系，若未来能避免政策内容和手段的雷同化和单一化，针对当地实际情况制定可操作性的政策措施和实施细则，则将更具推广意义。